

---

# Light 基于深度学习的双模式多模态光学传感器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42644.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

## Light 基于深度学习的双模式多模态光学传感器。 导读

近日，加州大学洛杉矶分校（UCLA）的研究人员开发了一种由人工智能驱动的便携式诊断平台，用于对三种关键心脏生物标志物的快速多重检测。该系统将多重纸基检测、比色与化学发光双模态传感、手持式低成本光学读出器以及神经网络分析相结合，能够准确量化血清中的生物标志物浓度。这种光学传感器能够在临床相关浓度范围内对三种标志物进行高灵敏度检测，并在临床样本中展现出媲美标准实验室分析仪的精准量化能力。该研究成果以Deep learning-enhanced dual-mode multiplexed optical sensor for point-of-care diagnostics of cardiovascular diseases为题发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》。

### 研究背景

心血管疾病依然是全球首要死亡原因，每年导致近2000万人丧生。因此，对心脏损伤进行快速诊断与风险评估对于改善患者预后至关重要。如图1(a)所示，在临床实践中，医生通常依赖于心脏生物标志物检测；例如，肌钙蛋白I（cTnI）和肌酸激酶同工酶（CK-MB）常被用于心肌梗死（心脏病发作）的诊断，而N末端B型利钠肽原（NT-proBNP）则是诊断心力衰竭的黄金标准生物标志物。由于心脏病发作与心力衰竭往往相互关联，临床医生越来越依赖多重生物标志物检测，以实现更精准的风险分层和更早的医疗干预。然而，如图1(b)，目前这类多重检测主要依赖大型、昂贵的中心实验室分析仪，因而在分散化、时间敏感型的应用场景中难以普及。

为了应对这一挑战，由加州大学洛杉矶分校（UCLA）校长讲席教授 Aydogan Ozcan 领衔的研究团队，与 Dino Di Carlo 教授、Omai B. Garner 教授以及 Jeffrey J. Hsu 教授合作，开发出一种如图1(c)所示的双模复用垂直流检测平台，即xVFA，可在紧凑的即时检测场景下实现多种心脏生物标志物的检测。该研究第一作者为加州大学洛杉矶分校电气与计算机工程系博士后研究员Gyeo-Re Han博士。

### 创新研究

研究表明，将比色和化学发光生物传感技术整合到单一纸基测试中，并辅以基于神经网络的信号分析，能够在临床相关浓度范围内实现对三种关键心脏标志物（cTnI、CK-MB 和NT-proBNP）的准确多重检测，从而提升了即时诊断检测的水平。

这一新平台得益于两种互补的光学检测模式——比色法与化学发光法，它们被集成在一个纸基检测盒中。比色检测在较高标志物浓度下可提供稳定可靠的信号，而化学发光检测则能够对极低水

平的标志物实现高灵敏识别。通过在单次检测中融合这两种模式，该系统能够在远宽于传统快速检测的动态范围内，准确测定心脏生物标志物浓度。

我们的目标是弥合中心实验室诊断与便携式现场即时检测之间的鸿沟，该研究的通讯作者 Ozcan 教授表示，通过将双模式光学传感与人工智能相结合，我们能够利用紧凑且易于使用的诊断平台，实现灵敏的多重生物标志物检测。

双模式 xVFA 系统具有如图1(d)所示简便的操作流程：只需将 50  $\mu$ L 的血清样本滴入多重纸基检测盒中，即使是未经复杂培训的医护人员也能轻松操作。检测盒内设有多个涂有针对三种目标标志物特异性抗体的测试点，可在单次测试中进行平行检测。操作完成后，系统会生成比色和化学发光光学信号，并由便携式光学读取器进行捕捉。随后，基于神经网络的算法会对这些信号进行快速分析，解释多重传感器的响应，并准确预测生物标志物的浓度。该传感器仅需23分钟即可在单次测试中提供三种心脏标志物（cTnI、CK-MB 和 NT-proBNP）的定量结果，为快速临床决策提供有力支持。

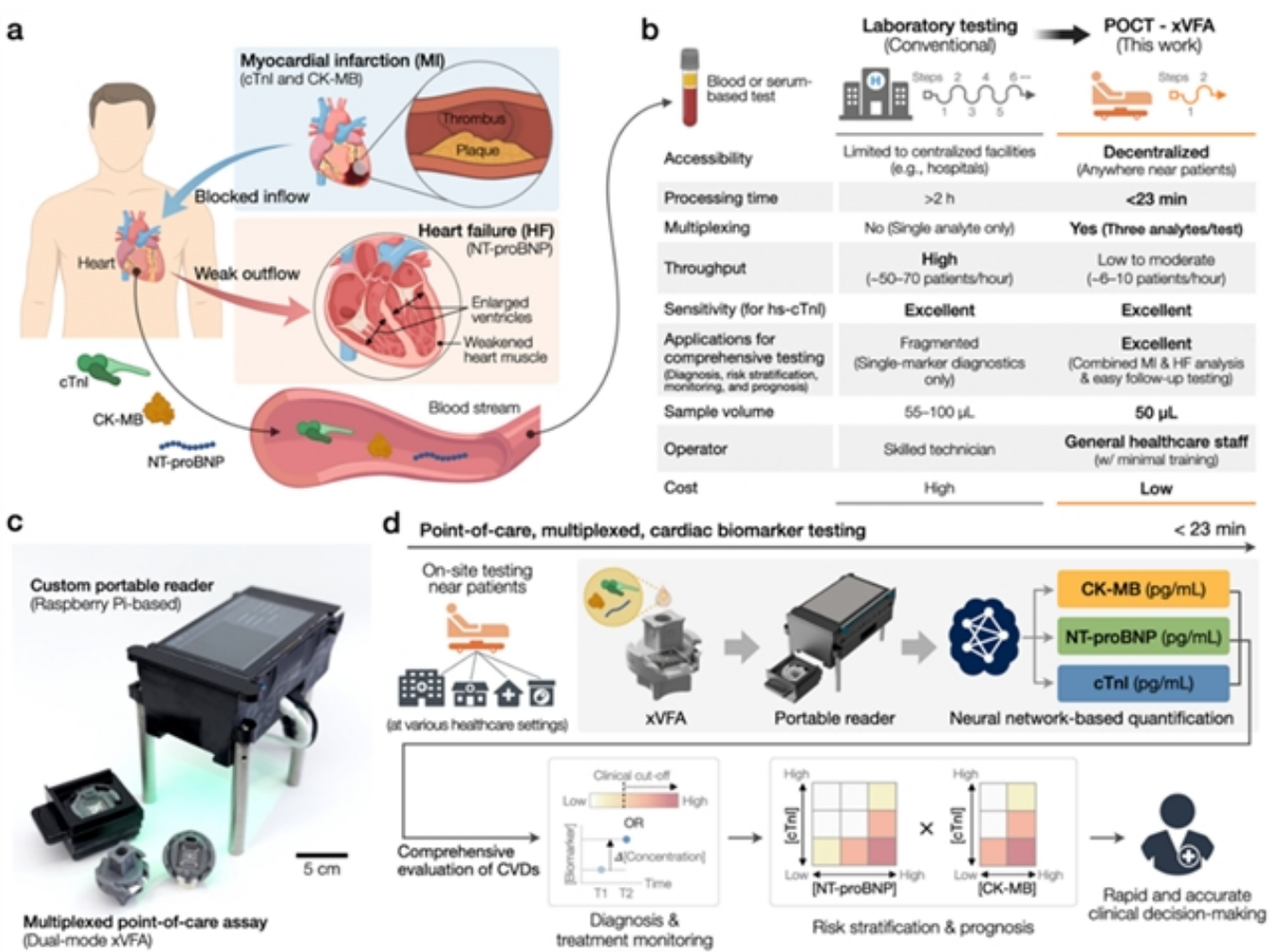


图1. 用于即时检测场景下多重心脏生物标志物检测的双模式 xVFA 光学传感器平台概览。(a)心肌梗死 (MI) 与心力衰竭 (HF) 的病理生理关联，以及与之对应的生物标志物：cTnI 和 CK-MB 用于 MI 检测，NT-proBNP 用于 HF 检测。(b)传统中心实验室检测与所提出的即时检测双模式 xVFA 光学传感器之间的比较。通量数值代表近似的患者级处理能力。对于中心实验室系统，通量反映为每个生物标志物都需要独立免疫测定的多重检测过程。对于双模式 xVFA，通量估算基

---

于以下假设：单个便携式读取器配合多个检测试剂盒进行交错并行操作，其中培养和洗涤步骤重叠进行，仅顺序执行简短的成像步骤。所有估算均基于具有代表性的商用实验室分析仪；实际通量可能因具体临床工作流程而有所不同。(c)双模式 xVFA

系统图：包括检测/成像试剂盒以及定制的便携式成像光学读取器（基于树莓派 Raspberry Pi 开发）。(d) 深度学习驱动的双模式 xVFA 工作流程：集成输出结果可支持对心血管疾病 (CVDs) 的全面评估，包括诊断、治疗监测、风险分层和预后评估，从而辅助快速、准确的临床决策。

融合互补型传感模式使我们能够显著扩展快速诊断测试的分析能力，Gyeo-Re Han 博士指出。通过利用神经网络模型进行信号解读与分析，我们最大限度降低了患者间差异和传感器间差异带来的影响，从而实现了与标准实验室分析仪相当的高水平定量性能，Dino Di Carlo 教授补充道。

UCLA 的研究人员利用患者的血清样本对该系统进行了严格验证，结果显示其与传统实验室测量结果高度一致。特别是在该研究中经过训练和盲测的神经网络模型，在三种心脏生物标志物上均表现出了稳健的量化性能。多重生物标志物检测为临床医生提供了关于患者心血管状况更全面的见解，Omai B. Garner 教授指出。像这样的技术有望将先进诊断能力进一步带到患者身边，使急诊科、门诊以及分散式医疗场景中的临床决策更加迅速、更加精准，Jeffrey J. Hsu 教授总结道。

## 未来展望

研究人员期望未来能进一步扩展双模式 xVFA 平台，以支持更多的疾病生物标志物及更广泛的诊断应用。通过整合多重生物传感、便携式仪器与基于人工智能的分析技术，这项技术代表了全球医疗保健向更普及、更智能的诊断系统迈出的重要一步。（来源：LightScienceApplications 微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-026-02275-9>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：Aydogan Ozcan 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发